第46卷 第7期
2023年7月

干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

Vol. 46 No. 7
Jul. 2023

内蒙古区县城市韧性评价与分析

宁 静, 朱 冉, 张馨元, 陈 凯

（东北农业大学公共管理与法学院，黑龙江 哈尔滨 150006）

摘 要： 基于经济、社会和生态多维视角，利用熵权法、综合指数法、全局Moran's I指数，揭示2000—2019年内蒙古区县城市韧性的时空演变特征，并利用地理加权回归模型分析人类活动强度对区县城市韧性变化的影响。结果表明：(1) 由于社会经济发展水平不断提高，2000—2019年内蒙古区县城市韧性水平持续增长。(2) 内蒙古区县城市韧性水平空间分布差异明显，东部地区和中部地区县城市韧性水平明显高于其他盟市所在的区县。(3) 人口密度、建设用地和夜间灯光数据等人类活动强度变化对内蒙古区县城市韧性水平变化具有显著影响。研究结果可为内蒙古区县的可持续发展提供参考，对丰富中国城市韧性领域研究具有重要实践和理论意义。

关 键 词： 区县尺度；城市韧性；人类活动强度；内蒙古

文章编号： 1000－6060(2023)07－1217－10(1217～1226)

城市作为较复杂的社会-生态系统之一，其可持续发展对实现中国经济社会的高质量发展具有重要的战略意义。伴随着社会经济的发展，中国各地城市化水平迅速提高，在高速的城市化发展过程中，城市面临的不确定性扰动越来越多[1]，在面临这些风险和未知时，有的城市能够及时应对，并寻求到更好的发展，然而有的城市却造成惨重的损失，导致这一现象的本质原因是城市韧性的内在差异[2]。城市韧性作为一种解决城市面临潜在风险的新路径[3]，不同学者对城市韧性的定义大不相同。生态学家Holling[4]认为生态韧性是生态系统在应对自然或者人为因素变化时所产生的持续应对性；Alberti等[5]认为城市韧性是城市在面临重组和新结构变化前，所能够承受的干扰最大值；Pickett等[6]认为城市韧性是系统在变化时进行调整的能力；Brown[7]认为城市韧性是指能够有效应对气候变化以及在遇到灾难性事件时的承受能力。综上，本文认为城市韧性是指城市系统在面临干扰时适应、维持和恢复的能力[8]。目前，中国学者已从不同角度对中国城市的韧性进行评价，研究尺度主要集中在省域、市域以及各城市群水平上，如王光辉等[9]以风险矩阵为主要理论，从经济韧性、社会韧性、生态韧性、生活韧性以及灾害韧性等角度对中国城市韧性进行评价；冯洁瑶等[10]从城市韧性中的经济韧性、社会韧性、生态韧性和基础设施韧性4个维度探讨经济发展水平和环境压力对山西省11个地级市的城市韧性的影响；修春亮等[11]从规模韧性、密度韧性和形态韧性角度对大连市城市韧性进行评估；孙久文等[12]对黄河流域城市群的经济韧性进行评价。从区县尺度对少数民族地区城市韧性评价研究相对较少，而2022年中央1号文件指出要加强县城商业体系建设和县城基本公共服务统筹，所以要充分利用区县城市在统筹城乡发展的纽带作用[13]，促进区县城市发展。

近年来，内蒙古整体发展水平不断提高，作为重要的少数民族聚集区，内蒙古的科学教育和医疗卫生水平稳步提高、交通发展走向完善、就业等社会保障逐步走向均衡。虽然近20 a内蒙古城市综合发展水平越来越完善，但是如何加强产业升级，吸引高层次人才就业，改善生态环境等问题是未来内蒙古区县城市发展的关键，因此对内蒙古区县水平的城市韧性进行测度并分析影响因素，可为内蒙古

收稿日期： 2022-10-18； **修订日期：** 2022-11-23
基金项目： 国家自然科学基金项目(41971217)资助
作者简介： 宁静(1978-)，女，博士，副教授，主要从事土地生态与3S技术应用研究. E-mail: jning@neau.edu.cn
通讯作者： 朱冉(1996-)，女，硕士研究生，主要从事土地生态与城市韧性研究. E-mail: dnzhuran1996@126.com

区县的可持续发展提供参考，对丰富中国城市韧性领域研究具有重要实践意义和理论意义。

1 研究区概况

内蒙古地处中国北部，呈东西狭长型走向，横跨中国东、中、西部(37°24′~53°23′N、97°12′~126°04′E)，2019年全区城镇化率已经达到63.4%，中国北方典型的农牧交错生态脆弱区[14]、东北林草交错生态脆弱区[15]和西北荒漠绿洲交错生态脆弱区[16]在内蒙古均有分布，地区生态环境脆弱问题凸显。内蒙古占地面积为118.3×10^4 km^2，但是截至2019年末，全区人口总量仅为2400×10^{4}人，属于地广人稀典型地区。根据政府网站可知内蒙古共12个地级市，103个县级行政单位，其中鄂尔多斯市康巴什区和呼伦贝尔市满洲里市扎赉诺尔区为2010年后建立的县级行政单位，为保证评价结果的连续性与稳定性，不将其放入评价范围内。鉴于此，从经济、社会和生态韧性3个角度对内蒙古101个区县城市韧性进行评价，探讨内蒙古2000—2019年区县城市韧性水平及其演变特征并分析人类活动强度对区县城市韧性演变产生的影响。

2 数据与方法

2.1 数据来源

社会经济数据来源于2001、2011年和2020年《内蒙古统计年鉴》；造林面积数据来源于2001、2011年和2020年《中国林业和草原统计年鉴》；2000—2019年土地利用数据下载自中国科学院资源环境科学数据中心(http://www.resdc.cn)；2000—2019年$PM_{2.5}$数据下载自华盛顿大学(圣路易斯分校)的数据平台(https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/)；2000—2019年植被净初级生产力(NPP)数据为MODIS17Q3产品，归一化植被指数(NDVI)数据为MODIS13Q1产品(https://lpdaac.usgs.gov)；夜间灯光数据为基于DMSP/OLS和NPP/VIIR数据结合修正得到的2000—2019年的连续夜光数据(https://dataverse.harvard.edu/)。

2.2 指标选择

基于内蒙古经济、社会及生态发展特点并结合相关学者研究，一共选取21个指标(表1)对内蒙古区县城市韧性进行评价。其中，经济韧性维度选择地方GDP、第三产业GDP占地方GDP比重、社会消费品零售总额、粮食产量、肉类产量、油料产量、规模以上工业企业总产值、规模以上工业企业个数8个指标[17-21]；社会韧性维度选取中小学学校数、公路里程、医疗卫生机构床位数、医疗卫生机构技术人员、在岗职工数、公共财政支出和公共财政收入7个指标[1,22-24]；生态韧性维度选取造林面积、生态系统服务价值、植被NPP、NDVI和$PM_{2.5}$浓度和绿色空间面积6个指标[25-29]。

2.3 研究方法

2.3.1 标准化处理 因原始数据具有不同的计量单位以及量纲尺度，为了消除量纲和数值间的差异，因此要对原始数据进行标准化处理：

$$正向指标标准化处理：Y_{ij}=\frac{X_{ij}-X_{min}}{X_{max}-X_{min}} \tag{1}$$

$$负向指标标准化处理：Y_{ij}=\frac{X_{max}-X_{ij}}{X_{max}-X_{min}} \tag{2}$$

式中：Y_{ij}为原始数据进行标准化处理后的数值；X_{ij}为指标的实际值；X_{min}为该指标序列的最小值；X_{max}为该指标序列的最大值。

2.3.2 熵权法 在进行区县城市韧性评价时，需要确定所选评价指标的权重，采取熵权法来计算指标权重：

$$P_{ij}=\frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}Y_{ij}} \tag{3}$$

$$E_j=-\frac{\sum_{i=1}^{n}P_{ij}\ln P_{ij}}{\ln(n)} \tag{4}$$

$$D_j=1-E_j \tag{5}$$

$$W_j=\frac{D_j}{\sum_{j=1}^{m}D_j} \tag{6}$$

式中：P_{ij}为第j项指标下第i个城市指标值所在的比重；n为内蒙古区县总数；E_j为第j项指标的熵值；D_j为第j项指标的冗余度；W_j为j项指标的权重；m为指标数。

2.3.3 城市韧性评价 城市韧性是城市经济系统、生态系统和社会系统3个维度相互作用，面对不确定风险时的应对能力，计算公式如下：

$$\mathrm{RES}=\sum_{j=1}^{m}W_jY_{ij} \tag{7}$$

式中：RES为区县城市韧性指数。

表1　内蒙古区县城市韧性评估指标体系

Tab. 1　Index system for urban resilience assessment of districts and counties in Inner Mongolia

一级指标	二级指标	三级指标	指标含义	权重
城市韧性	经济韧性	地方GDP/10^4元	地方综合发展水平	0.05699
		第三产业GDP占地方GDP比重/%	产业发展结构	0.01570
		社会消费品零售总额/10^4元	居民消费水平	0.06607
		粮食产量/t	农业发展水平(粮食作物)	0.06936
		肉类产量/t	牧业发展水平	0.06229
		油料产量/t	农业发展水平(经济作物)	0.08596
		规模以上工业总产值/10^4元	工业发展水平	0.06758
		规模以上工业企业个数/个	第二产业发展规模	0.06243
	社会韧性	中小学学校数/所	义务教育保障情况	0.03449
		公路里程/km	交通基础	0.02377
		医疗卫生机构床位数/张	医疗保障情况	0.05029
		医疗卫生机构技术人员/人	医疗技术水平	0.04801
		在岗职工数/人	存在劳动关系的从业人员	0.05204
		公共财政支出/10^4元	财政对社会的保障程度	0.03337
		公共财政收入/10^4元	政府社会保障能力	0.03859
	生态韧性	造林面积/hm^2	生态环境改善程度	0.05595
		生态系统服务价值/10^8元	生态质量水平	0.05879
		植被净初级生产力(NPP)/g C·m^{-2}·a^{-1}	生态系统健康情况	0.06203
		归一化植被指数(NDVI)	植被覆盖水平	0.01094
		$PM_{2.5}$浓度/μg·m^{-3}	空气污染程度	0.01059
		绿色空间面积/km^2	生态系统供给能力	0.03390

2.3.4　全局Moran's *I* 指数

$$I=\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}W_{ij}\left(x_i-\bar{x}\right)}{S^2\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}W_{ij}} \tag{8}$$

式中：x_i 为区县城市韧性综合指数；S^2 为城市韧性综合指数所对应的方差；$\bar{x}$ 为区县城市韧性指数的平均值；W_{ij} 为区县之间的空间权重；I 为全局Moran's I指数，指的是某属性在空间分布上呈现出的整体相关性。I 的取值范围为[−1, 1]，I 值越趋近于1表示空间正相关性越强；I 值越趋近于−1表示空间负相关性越弱；I 值为0，表示某属性在空间不具有相关性。

采用 Z 值对Moran's I进行统计性检验：

$$Z(I)=\frac{I-E(I)}{\sqrt{\mathrm{Var}(I)}} \tag{9}$$

式中：$Z(I)$为Z值；$E(I)$ 为数学期望；$\mathrm{Var}(I)$ 为变异系数。

2.3.5　地理加权回归　人类活动强度是指人类活动对区域发展变化产生作用程度的指标，能够客观地指出人类活动对陆地表层的利用、改造和开发程度。随着社会经济的发展以及人们生产生活方式的转变，人类改造自然的程度不断扩大，对城市结构产生深刻影响。因此，依据陈泓瑾等[30]提出的能够代表人类活动强度的指标，选取人口密度、夜间灯光数据以及建设用地面积3个指标，运用地理加权回归(GWR)模型分析人类活动强度对内蒙古2000—2019年区县城市韧性水平变化产生的影响，公式为：

$$y_i=\beta_0\left(m_i,n_i\right)+\sum_{j=1}^{n}\beta_j(m_i,n_i)x_{ij}+\varepsilon_i \tag{10}$$

式中：y_i 为区县的因变量解释值；(m_i,n_i) 为第 i 个区县的中心地理坐标；$\beta_j(m_i,n_i)$ 为变量 x_{ij} 连续函数 $\beta_j(m,n)$ 在第 i 个区县的单元的值；ε_i 为随机误差项。

3　结果与分析

3.1　区县城市韧性水平时空演变特征

根据所建立的区县城市韧性评价指标体系和评价方法，对内蒙古101个区县城市韧性水平进行

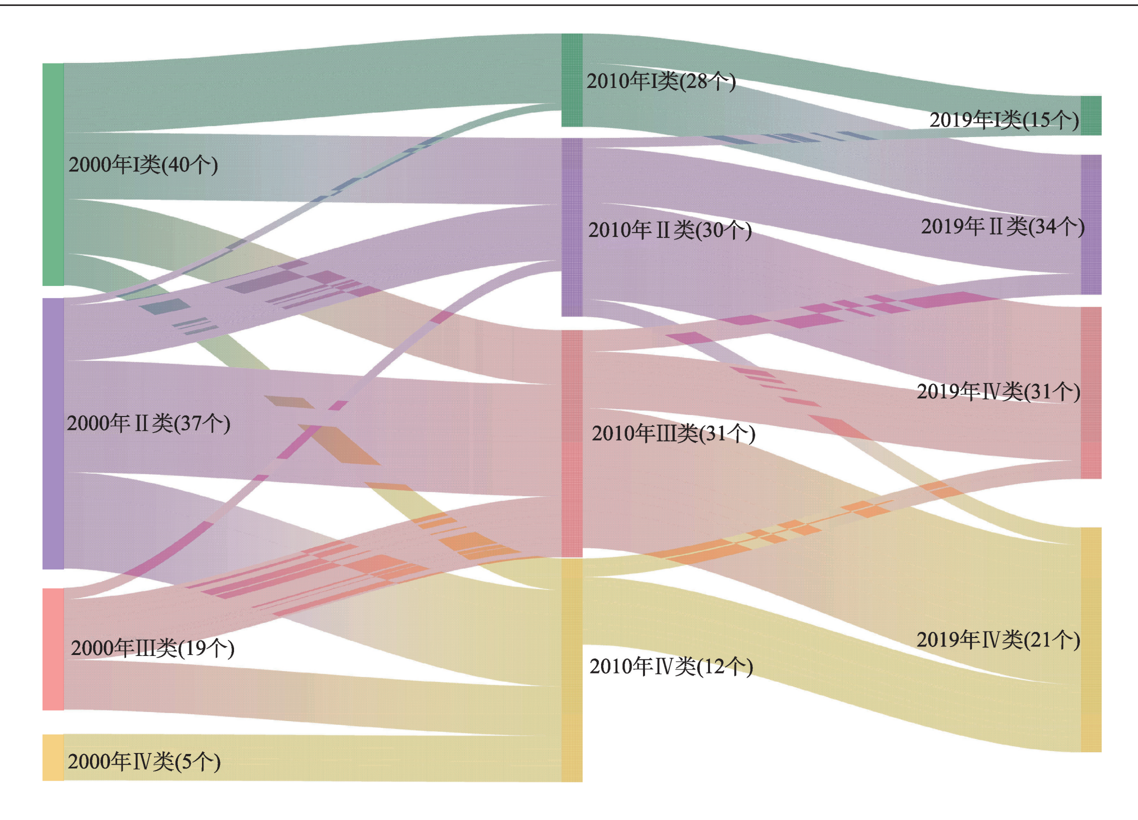


图1 内蒙古101个区县城市韧性等级变化桑基图

Fig. 1 Sankey map of urban resilience grade change in 101 districts and counties of Inner Mongolia

评价，分别得到2000、2010年和2019年区县城市韧性评价指数，运用ArcGIS 10.7中的自然断点法对城市综合韧性进行分等定级，将内蒙古区县城市韧性水平主要分为以下4类：I类（≤0.1039），II类（0.1040~0.1685），III类（0.1686~0.2573），IV类（0.2574~0.5192）。

3.1.1 时间演变规律 2000—2019年内蒙古区县城市韧性水平整体得到优化和提升，区县城市韧性综合指数平均值由0.1331提升为0.1685，城市韧性综合水平增长40%，具有较高韧性水平的区县同时具有较强的抗干扰性。101个区县提升速度最快的是准格尔旗，城市韧性水平由0.1377增加为0.4199，而东河区城市韧性水平虽然一直处于III类，但20 a间城市韧性水平一直呈现递减的趋势，2000、2010年和2019年东河区城市韧性水平分别为0.2462、0.2441和0.2018。通过桑基图（图1）可以看出，2000年I类区县的城市韧性水平在2019年大部分优化到II类和III类城市韧性水平，很难跃迁到IV类城市韧性水平。2000—2010年I类和II类区县数由77个减少至58个，III类和IV类区县数由24个增加到43个；2010—2019年I类区县数由28个变为15个，II类和III类区县数量变化比较平稳，IV类区县数由12个增加至21个。这一变化产生的原因主要是20 a间内蒙古区县经济环境、社会环境和生态环境逐步变好，经济上，2000—2009年101个区县地方GDP总值由1741×10^8元增加到16860×10^8元，工业企业生产总值由413.2×10^8元增长为6192×10^8元，同时内蒙古作为中国重要的农牧业产地，粮食和肉类产量随着科学技术水平不断完善提升明显；社会上，地方财政支出由108.5×10^8元提高至3007×10^8元，医疗卫生机构、学校和交通道路等公共基础设施建设水平逐步完善；生态上，生态系统服务价值总量、植被NPP和NDVI在20 a间不断提高，但是造林面积和绿色空间面积逐步递减，区县$PM_{2.5}$浓度呈波动变化，2000—2010年$PM_{2.5}$浓度增加，2010—2019年$PM_{2.5}$浓度减少，因此未来内蒙古区县城市的发展可从保护和改善生态环境角度进一步提高。

3.1.2 空间演变规律

（1）区县城市韧性全局自相关分析

利用Geoda软件中的空间分析工具，得出内蒙古区县2000、2010年和2019年的城市韧性水平的Moran's *I*指数（表2），从表中可以看出，2000—2019

年 $Z \geq 2.58$[31]，且 $P \leq 0.01$，内蒙古区县城市韧性全局Moran's I 指数显著的通过了 Z 统计量检验，从而可以得知区县城市韧性之间呈现出显著的空间相关性；并且3个年份的全局Moran's I 指数均为正数，说明内蒙古区县城市韧性在空间上呈现正相关关系，即区县城市韧性指数不论高低，在空间上都呈现出集聚的特征。从时间上看，2000—2019年全局Moran's I 指数呈现波动变化的趋势，2000—2010年全局Moran's I 指数呈现下降的趋势，表明区县城市韧性在空间上的集聚趋势有所下降；2010—2019年全局Moran's I 指数逐步增长，说明在这10 a间城市韧性在空间上的集聚趋势愈加明显。

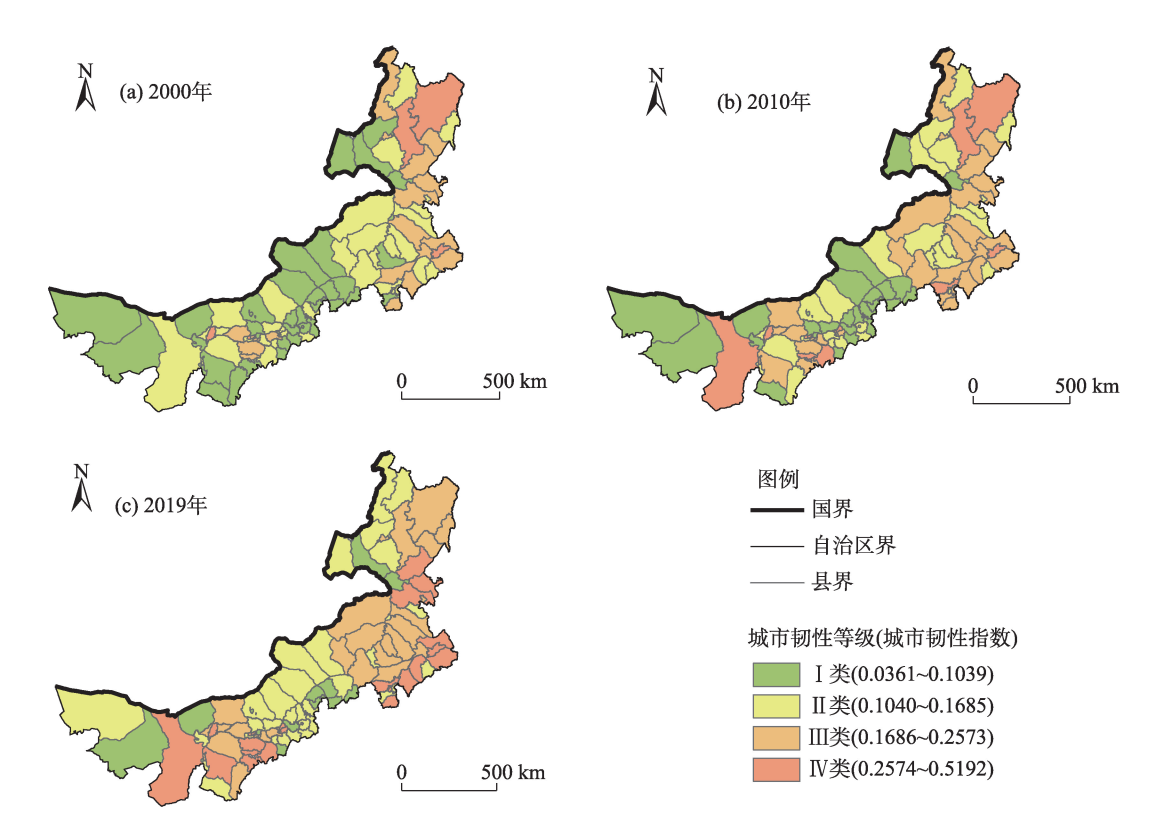
表2　2000、2010年和2019年内蒙古区县城市韧性全局Moran's I 指数

Tab. 2　Global Moran's I index of urban resilience in districts and counties of Inner Mongolia in 2000, 2010 and 2019

年份	全局Moran's I 指数	Z	P
2000	0.3201	5.3722	0.0000
2010	0.2325	3.9234	0.0001
2019	0.2587	4.2957	0.0000

（2）城市韧性水平空间区域差异明显

2000、2010年和2019年区县城市韧性水平空间分布差异明显，城市韧性水平为III类和IV类的区县主要集中分布于东部地区的通辽市、赤峰市、兴安盟和呼伦贝尔市以及中部地区的呼和浩特市、包头市和鄂尔多斯市，其他区县城市韧性类别虽有所提升，但与上述区域存在一定差异(图2)。产生这种现象的主要原因可以概括为：经济、生态基础加持下的政策倾斜。其中在"全面振兴东北老工业基地"和《东北地区振兴计划》的规划范围中都将内蒙古东部地区4个盟市划入，4个盟市中呼伦贝尔市区县受生态韧性的影响大于其他韧性，产生这一现象的原因是呼伦贝尔市拥有中国最大的草原——呼伦贝尔草原，同时还是中国最大的林区——东北林区的三大腹地之一；中部地区的3个盟市不仅是呼(和浩特)包(头)鄂(尔多斯)榆(林)城市群的核心城市，还分别是内蒙古对外经济联系的重要支点、最大的工业城市和内蒙古发展最快的城市。因此，以上2个地区区县城市韧性水平高于内蒙古其他区县。



注：该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2019)1822号的标准地图制作，底图边界无修改。下同。

图2　2000、2010年和2019年内蒙古城市韧性

Fig. 2　Urban resilience of Inner mongolia in 2000, 2010 and 2019

3.2 人类活动强度对内蒙古区县城市综合韧性的影响

2000、2010年和2019年GWR模型分析结果显示(表3),校正决定系数(Adjusted R^2)分布在0.65~0.75之间,均大于0.50,表明所选模型能在65%~75%的程度上解释人类活动强度对内蒙古区县城市韧性综合水平的影响。

3.2.1 人口密度对区县城市韧性的影响 人口密度作为衡量人口分布地区的差异的重要指标,是地区发展重要的属性和特征。从人口密度回归系数来看(图3a~c),2000年和2010年区县人口密度对城市韧性的影响西部高于东部,影响较高的地区人口密度普遍偏低,产生这一影响的原因主要是西部地区区县面积较大,交通不便,难以产生人口集聚从而推动城市发展水平提升。2019年较2010年人口密度对城市韧性水平影响较高的地区逐步转移到中部地区区县,并且区县城市韧性均处于III类和IV类,这表明10 a间人口密度对城市韧性水平较高的区县的影响程度增强。这表明人口密度的不断提升可以提高地区人力资本与劳动生产率,使得该地区区县的经济、社会和生态建设与人口密度的变化相匹配,促进城市韧性水平的不断提高。

表3 2000、2010年和2019年地理加权回归(GWR)模型结果

Tab. 3 GWR model results in 2000, 2010 and 2019

年份	R^2	Adjusted R^2	AICc
2000	0.80	0.75	−379.22
2010	0.66	0.65	−311.52
2019	0.80	0.75	−320.99

注:R^2为多重决定系数;Adjusted R^2为校正决定系数;AICc为赤池信息标准。

3.2.2 夜间灯光指数对区县城市韧性的影响 从夜间灯光指数的回归系数来看(图3d~f),夜间灯光指数对区县城市韧性的影响强度低于人口密度和建设用地对其所产生的影响,2000—2019年夜间灯光

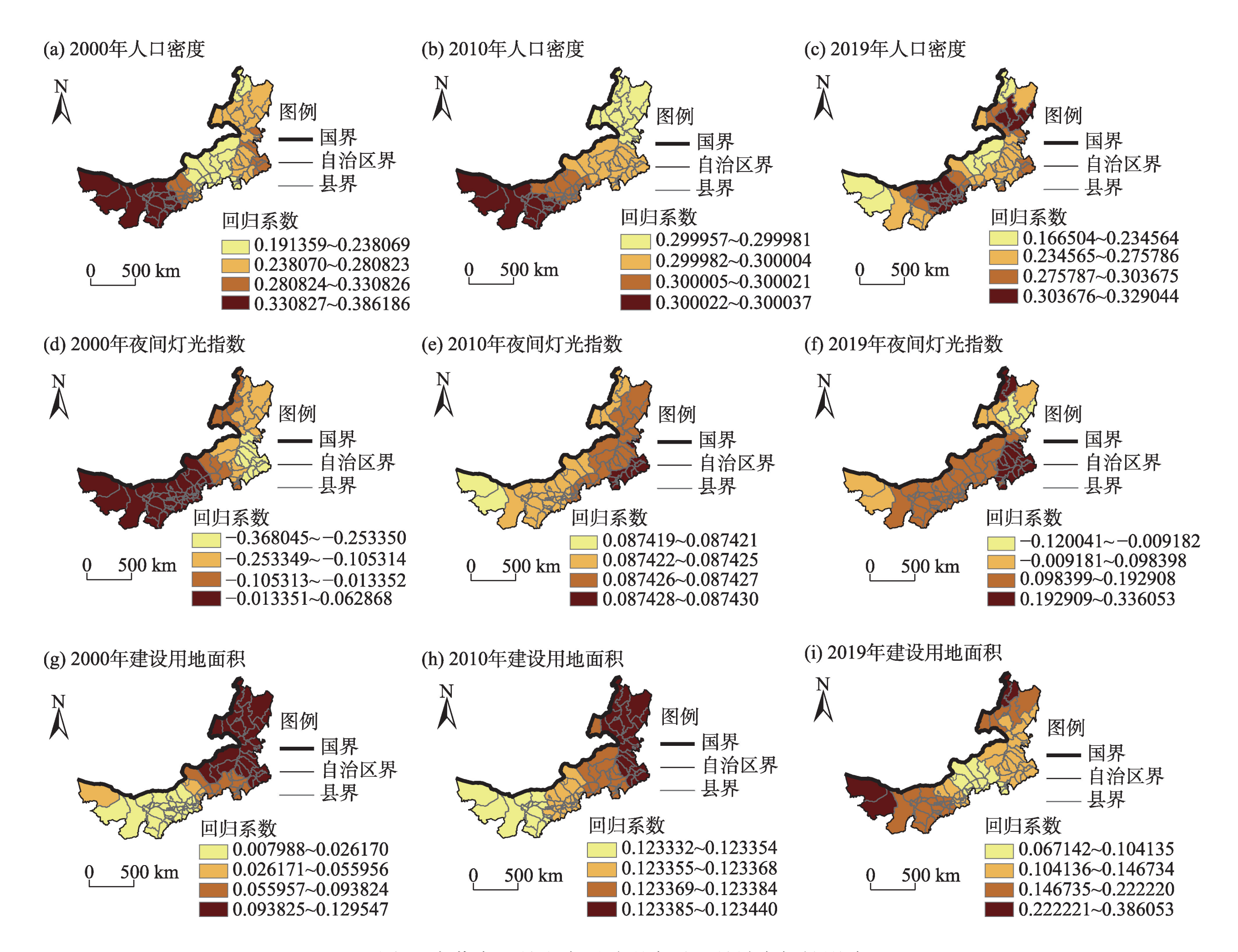


图3 内蒙古区县人类活动强度对区县城市韧性影响

Fig. 3 Impact of human activity intensity on the urban resilience of districts and counties in Inner Mongolia

指数对城市韧性水平产生影响的区县数量缩小，并向东部地区转移。夜间灯光数据在一定程度上可以反应区县人类活动的范围。2000年夜间灯光指数对区县城市韧性水平均为负向影响，西部地区受影响程度最强，这表明西部地区区县人类活动范围对城市韧性水平的提升产生重要影响；2010年和2019年夜间灯光指数对区县城市韧性水平均为正向影响，东部地区通辽市和赤峰市区县城市韧性水平受夜间灯光指数的影响高于其他地区，由此可知东部地区通辽市和赤峰市区县人类活动范围的不断扩大促进了区县城市韧性水平的提高。

3.2.3 建设用地面积对区县城市韧性的影响 从建设用地的回归系数来看（图3g~i），建设用地面积对区县城市韧性综合水平具有正向促进作用。随着时间的演变，建设用地对区县城市韧性水平的影响区域逐渐变少，但是影响强度逐渐提高。2000年和2010年建设用地面积对东部地区区县城市水平的影响较大，主要原因是内蒙古东部地区区县土地面积较大，但是开发强度不高，因此在这一时期建设用地面积是影响其城市韧性水平的重要原因。与2010年相比，2019年建设用地面积对内蒙古区县城市韧性综合水平影响的区县数量大幅度减少，在2019年建设用地面积影响最大的区域城市韧性水平相对较低，主要是由于城市韧性水平较高的地区其建设用地面积的扩张已经趋于饱和，因此对其影响较小，但是城市韧性水平较低的城市，开发水平往往处于落后状态，因此在此时城市的建设发展对其具有重要的影响。

4 讨 论

总体来看，内蒙古区县20 a间城市韧性水平不断提高，但是空间分异仍然较为明显，这与区县发展基础及现状基本吻合，经济韧性对内蒙古区县城市韧性水平提高的决定性高于社会韧性和生态韧性。2000年和2019年区县城市韧性水平受人类活动强度的影响高于2010年。本文与以往研究[9-12]相比，从区县尺度对内蒙古城市韧性进行评价与分析，丰富了城市韧性的研究体系。人类活动强度多用于分析生态系统与气候变化[30]，但是随着社会经济的发展与人们思想方式的转变，人类活动强度已经对城市结构产生重要影响，本研究表明：人类活动强度对城市韧性水平的变化具有显著影响。

为规避突发公共卫生事件对区县城市韧性产生的不良影响，将研究时间定为新冠疫情之前，未来研究中可将后疫情时代区县城市韧性进行评价，对比分析突发公共卫生事件对区县城市韧性所产生的影响。同时由于指标获取的局限性，指标体系构建的全面性应该进一步加强，未来研究会一步结合组织韧性和制度韧性对内蒙古区县城市韧性进行评价。

5 结论与建议

5.1 结论

本文以内蒙古全域101个区县为研究单元，利用统计数据和遥感数据，从经济、社会和生态3个角度建立评价指标体系，利用ArcGIS 10.7软件从区县单元角度对城市韧性时空演变特征进行评价与分析，并运用GWR模型分析人类活动强度对城市韧性水平的影响，主要得出以下结论：

（1）时间尺度上，随着“山水林田湖草一体化”的发展观日益完善落地，西部开发政策的不断倾斜，内蒙古在短短20 a间社会经济快速发展，生态环境逐步改善，内蒙古区县城市韧性水平也随之不断提升，I类城市韧性水平的区县数量明显减少，III类和IV类区县数量逐步增多；20 a间经济韧性水平提升幅度最大，社会韧性和生态韧性次之，但跨越式的韧性跃迁尚不明显，说明城市韧性的阈值特征明显，因此，科学推进不断积累是城市韧性稳步发展的合理化路径。

（2）空间分布上，内蒙古区县城市韧性之间呈现出显著的空间正相关性，说明城市韧性具有明显的区域辐射性，分区发展是整体提高内蒙古城市韧性水平的有效手段。内蒙古东中西部经度跨度较大，使得区域间呈现出城镇联系碎片化和发展水平非均衡性等特点[32]，城市韧性水平空间差异明显，东部地区的通辽市、赤峰市、兴安盟和呼伦贝尔市以及中部地区的呼和浩特市、鄂尔多斯市和包头市所在的区县城市韧性水平相对较高，各时间结点均表现为中心韧性高、外围韧性低的特征。

（3）选取人口密度、夜间灯光指数以及建设用地面积3个指标对区县城市韧性水平的变化均具有显著影响，其中人口密度和建设用地面积对城市韧

性影响程度大于夜间灯光指数。

5.2 建议

（1）内蒙古东西狭长，经度跨度大，区县间城市发展带动作用有限，未来应该加强基础设施建设，完善交通道路网络体系，提升县城综合服务能力，完善区县产业体系和增强县城辐射带动作用，推动构建区县间经济、社会以及生态的一体化发展并促进韧性城市的建设。

（2）内蒙古作为中国重要的少数民族聚集区，人口构成复杂，语言多样，因此在城市发展的过程中要尊重不同文化差异，针对区县发展特点，从经济、社会和生态等方向制定符合民族地区发展的相应政策。

（3）研究表明人类活动强度是影响区县城市韧性发展的重要因素，未来内蒙古区县韧性城市的建设应该考虑人类活动的变化，促进城市可持续发展。

参考文献（References）

[1] 张明斗, 冯晓青. 中国城市韧性度综合评价[J]. 城市问题, 2018(10): 27-36. [Zhang Mingdou, Feng Xiaoqing. Research on evaluation of urban resilience of China[J]. Urban Problems, 2018(10): 27-36.]

[2] 邵亦文, 徐江. 城市韧性: 基于国际文献综述的概念解析[J]. 国际城市规划, 2015, 30(2): 48-54. [Shao Yiwen, Xu Jiang. Understanding urban resilience: A conceptual analysis based on integrated international literature review[J]. Urban Planning International, 2015, 30(2): 48-54.]

[3] 赵瑞东, 方创琳, 刘海猛. 城市韧性研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2020, 39(10): 1717-1731. [Zhao Ruidong, Fang Chuanglin, Liu Haimeng. Progress and prospect of urban resilience research[J]. Progress in Geography, 2020, 39(10): 1717-1731.]

[4] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4(1): 1-23.

[5] Alberti M, Marzluff J M, Shulenberger E, et al. Integrating humans into ecology: Opportunities and challenges for studying urban ecosystems[J]. BioScience, 2003, 53(12): 1169-1179.

[6] Pickett S T A, Cadenasso M L, Grove J M. Resilient cities: Meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms[J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 69(4): 369-384.

[7] Brown K. Global environmental change I: A social turn for resilience?[J]. Progress in Human Geography, 2013, 38(1): 107-117.

[8] Meerow S, Newell J P. Resilience and complexity: A bibliometric review and prospects for industrial ecology[J]. Journal of Industrial Ecology, 2015, 19(2): 236-251.

[9] 王光辉, 王雅琦. 基于风险矩阵的中国城市韧性评价——以284个城市为例[J]. 贵州社会科学, 2021(1): 126-134. [Wang Guanghui, Wang Yaqi. Based on risk matrix of evaluation of urban resilience in China: A case study of 284 cities[J]. Guizhou Social Sciences, 2021(1): 126-134.]

[10] 冯洁瑶, 刘耀龙, 王军, 等. 经济发展水平、环境压力对城市韧性的影响——基于山西省11个地级市面板数据[J]. 生态经济, 2020, 36(9): 101-106, 163. [Feng Jieyao, Liu Yaolong, Wang Jun, et al. The impact of economic development and environmental pressure on urban resilience: Based on panel data of 11 prefecture-level cities in Shanxi[J]. Ecological Economy, 2020, 36(9): 101-106, 163.]

[11] 修春亮, 魏冶, 王绮. 基于"规模-密度-形态"的大连市城市韧性评估[J]. 地理学报, 2018, 73(12): 2315-2328. [Xiu Chunliang, Wei Ye, Wang Qi. Evaluation of urban resilience of Dalian City based on the perspective of "size-density-morphology"[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(12): 2315-2328.]

[12] 孙久文, 陈超君, 孙铮. 黄河流域城市经济韧性研究和影响因素分析——基于不同城市类型的视角[J]. 经济地理, 2022, 42(5): 1-10. [Sun Jiuwen, Chen Chaojun, Sun Zheng. Urban economic resilience and its influencing factors in the Yellow River Basin: From the perspective of different types of city[J]. Economic Geography, 2022, 42(5): 1-10.]

[13] 王凯霞. 县域城镇化促进城乡公共服务融合发展的路径研究[J]. 经济问题, 2022(4): 124-129. [Wang Kaixia. Research on the ways of county urbanization to promote the integrated development of urban and rural public services[J]. On Economic Problems, 2022(4): 124-129.]

[14] 陶泽涪, 王世清, 孙丕苓, 等. 中国北方农牧交错带耕地时空分异及驱动因素[J]. 干旱区地理, 2022, 45(1): 153-163. [Tao Zefu, Wang Shiqing, Sun Piling, et al. Spatio-temporal differentiation and driving factors of cropland in the agro-pastoral ecotone of northern China[J]. Arid Land Geography, 2022, 45(1): 153-163.]

[15] 袁换欢, 王智, 徐网谷, 等. 林草交错区植被动态变化及其影响因子——以中国东北大兴安岭为例[J]. 生态学报, 2022, 42(18): 7321-7335. [Yuan Huanhuan, Wang Zhi, Xu Wanggu, et al. Vegetation dynamics and influence factors in forest-steppe transition ecozone: The case of Daxing'an Mountains, northeast China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(18): 7321-7335.]

[16] 吴盈盈, 王振亭. 河套平原土壤风蚀风险评估[J/OL]. 干旱区地理. [2022-12-07]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/65.1103.X.20220822.1622.002.html. [Wu Yingying, Wang Zhenting. Risk assessment of soil wind erosion in Hetao Plain[J/OL]. Arid Land Geography. [2022-12-07]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/65.1103.X.20220822.1622.002.html.]

[17] 巩灿娟, 张晓青, 徐成龙. 中国三大城市群经济韧性的时空演变及协同提升研究[J]. 软科学, 2022, 36(5): 38-46. [Gong Canjuan, Zhang Xiaoqing, Xu Chenglong. Study on the spatial-tempo-

ral evolution and collaborative improvement of economic resilience of three major urban agglomerations in China[J]. Soft Science, 2022, 36(5): 38-46.]

[18] 李孟奇, 张建军, 宋荣, 等. 中国城市可持续发展水平与产业发展规模的时空演变[J]. 统计与决策, 2021, 37(22): 93-97. [Li Mengqi, Zhang Jianjun, Song Rong, et al. Spatial-temporal evolution of sustainable development level and industrial development scale in urban China[J]. Statistics & Decision, 2021, 37(22): 93-97.]

[19] 韩蕾, 齐晓明, 郝军. 内蒙古东部地区县域人口收缩的时空格局及驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(8): 60-67. [Han Lei, Qi Xiaoming, Hao Jun. Spatiotemporal pattern of county population shrinkage in eastern Inner Mongolia and driving force analysis[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2022, 36(8): 60-67.]

[20] 马丽, 田华征, 康蕾, 等. 东北三省全面振兴的社会经济支撑能力评估[J]. 地理科学, 2020, 40(6): 863-873. [Ma Li, Tian Huazheng, Kang Lei, et al. Assessment of the social and economic support capacity for the comprehensive revitalization of northeast China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2020, 40(6): 863-873.]

[21] 李彦军, 马港, 宋舒雅. 长江中游城市群城市韧性的空间分异及演进[J]. 区域经济评论, 2022(2): 88-96. [Li Yanjun, Ma Gang, Song Shuya. Spatio-temporal differentiation of urban resilience in the mid-Yangtze River urban agglomerations[J]. Regional Economic Review, 2022(2): 88-96.]

[22] 刘小二, 谢月华. 中国分省GDP数据诊断分析[J]. 山西财经大学学报, 2009, 31(2): 28-33. [Liu Xiaoer, Xie Yuehua. Diagnosis and analysis of GDP of each province in China[J]. Journal of Shanxi Finance and Economics University, 2009, 31(2): 28-33.]

[23] 金贵, 邓祥征, 董寅, 等. 发展地理学视角下中国多维贫困测度及时空交互特征[J]. 地理学报, 2020, 75(8): 1633-1646. [Jin Gui, Deng Xiangzheng, Dong Yin, et al. China's multidimensional poverty measurement and its spatio-temporal interaction characteristics in the perspective of development geography[J]. Acta Geographica Sinica, 2020, 75(8): 1633-1646.]

[24] 朱金鹤, 孙红雪. 中国三大城市群城市韧性时空演进与影响因素研究[J]. 软科学, 2020, 34(2): 72-79. [Zhu Jinhe, Sun Hongxue. Research on spatial-temporal evolution and influencing factors of urban resilience of China's three metropolitan agglomerations [J]. Soft Science, 2020, 34(2): 72-79.]

[25] 吴普侠, 汪晓珍, 吴建召, 等. 中国退耕还林工程固碳现状及固碳潜力估算[J]. 水土保持学报, 2022, 36(4): 342-349. [Wu Puxia, Wang Xiaozhen, Wu Jianzhao, et al. Estimation of carbon stock and carbon sequestration potential for China's grain for green project[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2022, 36(4): 342-349.]

[26] 夏楚瑜, 董照樱子, 陈彬. 城市生态韧性时空变化及情景模拟研究——以杭州市为例[J]. 生态学报, 2022, 42(1): 116-126. [Xia Chuyu, Dong Zhaoyingzi, Chen Bin. Spatio-temporal analysis and simulation of urban ecological resilience: A case study of Hangzhou[J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(1): 116-126.]

[27] 吴秦豫, 姚喜军, 梁洁, 等. 鄂尔多斯市煤矿区植被覆盖改善和退化效应的时空强度[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(8): 101-109. [Wu Qinyu, Yao Xijun, Liang Jie, et al. Spatial and temporal intensity of vegetation cover improvement and degradation in coal mining areas of Erdos City[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2022, 36(8): 101-109.]

[28] 陈彦宁, 张金谱, 裴成磊, 等. 2016—2020年广州市$PM_{2.5}$时空分布特征[J]. 环境科学学报, 2022, 42(12): 273-285. [Chen Yanning, Zhang Jinpu, Pei Chenglei, et al. Spatial and temporal distribution characteristics of $PM_{2.5}$ in Guangzhou from 2016 to 2020[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2022, 42(12): 273-285.]

[29] 潘悦, 王锦, 李婧熹, 等. 滇中城市群绿色空间生态系统服务价值时空演变及驱动分析[J]. 水土保持研究, 2023, 30(2): 352-360. [Pan Yue, Wang Jin, Li Jingxi, et al. Spatial and temporal evoluation and driving analysis of green space ecosystem service value of urban agglomeration in central Yunnan[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(2): 352-360.]

[30] 陈泓瑾, 刘琳, 张正勇, 等. 天山北坡人类活动强度与地表温度的时空关联性[J]. 地理学报, 2022, 77(5): 1244-1259. [Chen Hongjin, Liu Lin, Zhang Zhengyong, et al. Spatiotemporal correlation between human activity intensity and surface temperature on the north slope of Tianshan Mountains[J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(5): 1244-1259.]

[31] 刘凯, 任建兰, 穆学英, 等. 中国地级以上城市绿色化水平测度与空间格局[J]. 经济问题探索, 2017(11): 77-83. [Liu Kai, Ren Jianlan, Mu Xueying, et al. Spatial-temporal and measurement of greening level of cities above prefecture level in China[J]. Inquiry into Economic Issues, 2017(11): 77-83.]

[32] 董秉坤, 郑陈柔雨, 杨叶飞. 内蒙古交通网络结构特征与城镇空间关联研究[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(7): 93-99. [Dong Bingkun, Zhengchen Rouyu, Yang Yefei. Spatial structure of traffic network and spatial interaction of cities and towns in Inner Mongolia[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2022, 36(7): 93-99.]

Evaluation and analysis of urban resilience of districts and counties in Inner Mongolia

NING Jing, ZHU Ran, ZHANG Xinyuan, CHEN Kai
(Public Administration and Law School of Northeast Agricultural University, Harbin 150006, Heilongjiang, China)

Abstract: In this study, based on the multidimensional perspective of economy, society, and ecology, the spatio-temporal change characteristics of urban resilience of districts and counties in Inner Mongolia, China, from 2000 to 2019 were investigated by using the entropy weight method, comprehensive index method, and global Moran's *I* index. Furthermore, the geographical weighted regression model was used to investigate the influence of human activity intensity on the urban resilience of districts and counties. The results revealed that: (1) The level of urban resilience of districts and counties in Inner Mongolia increased from 2000 to 2019 because of the continuous improvement of the social economic development level. (2) The spatial distribution of the level of urban resilience of districts and counties in Inner Mongolia differed, and the level of urban resilience of districts and counties in the eastern and central regions was considerably higher than that of districts and counties in other leagues and cities. (3) The change in the human activity intensity of population density, construction land, and night-time light data significantly affected the change in the level of urban resilience of districts and counties in Inner Mongolia. This study provides a reference for the sustainable development of various districts and counties in Inner Mongolia and exhibits practical and theoretical significance for enriching research in urban resilience in China.

Key words: district-county scale; urban relisence; human activity intensity; Inner Mongolia